



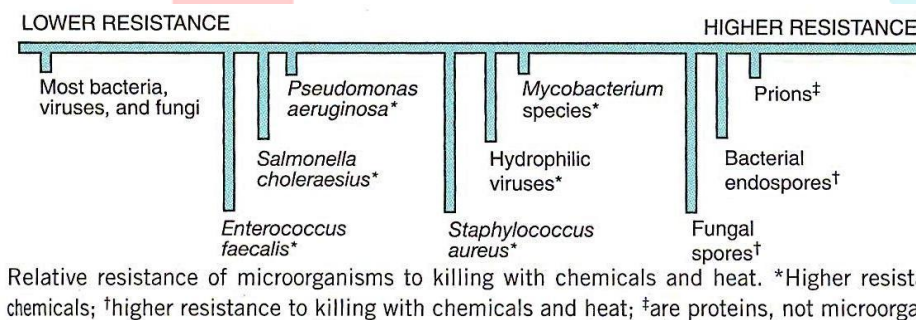
زمینه فعالیت شرکت:

- مواد ضد عفونی کننده و گندزدا
- ملزومات استریل
 - اندیکاتور های شیمیایی
 - اندیکاتور های بیولوژیکی
 - تست های فرایند شستشو
 - کاغذ مدیکال یا رول های بسته بندی استریل
- تجهیزات و دستگاه
(اتوکلاو کلاس B، دستگاه سیلر، دستگاه التراسونیک)

مبحث جامع استریلیزاسیون و ضدعفونی

تعریف

استریلیزاسیون فرآیندی است مطلق که موجب از بین رفتن تمامی میکروارگانیسمهای زنده میشود. در حالیکه مواد ضدعفونی کننده (disinfectants) در سه درجه بر میکروارگانیسمها اثر دارند. درجه مقاومت میکروارگانیسمها در برابر عوامل از نابودکنندهی آنها (عوامل فیزیکی و شیمیایی) متفاوت است که در شکل ۱-۹ خلاصه شده است. اندوسپورها بیشترین مقاومت را دارند. به همین دلیل، از آنها برای ارزیابی عمل استریلیزاسیون استفاده میشود.



شکل ۱-۹. مقاومت میکروارگانیسمها در برابر عوامل نابودکنندهی آنها (فیزیکی و شیمیایی).

همانطور که ملاحظه می شود باکتری های بویژه نوع وژتاتیو (در حال تکثیر) کمترین مقاومت را در برابر عوامل استریل و ضد عفونی کننده دارند و برعکس پرون ها بیشترین مقاومت را دارا می باشند. از اسپور ها که مقاومت بالایی دارند برای تست بیولوژیک صحت و سلامت دستگاه استریل کننده استفاده می شود. همانطور که در شکل ۱-۹ مشاهده میشود، پروتئین پریون (Prion) به عنوان یک نوع عامل جدید عفونی خاصیت بیماریزایی دارد. مقاومت این عامل عفونی در برابر استریلیزاسیون حتی بیشتر از اندوسپور است. با توجه به گزارشات حاکی بر انتقال پریون توسط وسا یل آلوده به ویژه در جراحی های مغز، توصیه

میشود که از وسایل مصرف شده در کارهای تحقیقاتی حیوانی حتی پس از استریلیزاسیون، برای استفاده روی انسان استفاده نشود.

برخی باکتریها در شرایط نامناسب محیطی و غذایی، لایه های مقاوم پروتئینی به نام اسپور یا اندوسپور در اطراف خود ایجاد می کنند که یکی از مقاومترین شکل های حیات در برابر حرارت، خشک شدن و مواد ضد عفونی است. اندوسپورها سالها میتوانند خفته بمانند تا در شرایط مناسب، حیات مجدد یابند. از انواع اسپور برای ارزیابی کیفی یا مانیتورینگ بیولوژیک دستگاه های اتوکلاو استفاده میشود.

تفاوت استریلیزاسیون و ضد عفونی کردن

- استریلیزاسیون عملی است مطلق که موجب از بین بردن همه اشکال میکروبی از جمله اندوسپورها می شود. محلولهای ضد عفونی بسته به نوع و مدت، به سه درجه قوی (high)، متوسط (intermediate) و ضعیف (low) تقسیم می شوند (جدول ۱-۹). به عنوان نمونه، قرار دادن وسایل در محلول ضد عفونی قوی (مانند گلو تاردئید ۲ تا ۳/۴ درصد به مدت ۱۰ ساعت) به استریلیزاسیون نزدیک میشود و در موارد خاصی برای وسایل حساس به حرارت کاربرد دارد. از آنجا که روش مناسبی برای ارزیابی کیفی (مانیتورینگ) محلولهای ضد عفونی کننده وجود ندارد، استفاده از این محلولها برای ضد عفونی وسایل توصیه نمیشود. روشهای مناسبتری برای استریلیزاسیون وجود دارند که مطمئنتر بوده، به زمان کمتری نیاز دارند و از مانیتورینگ مناسبی برخوردار هستند. از محلولهای ضد عفونی کننده میتوان برای ضد عفونی سطوح و اثاثیه استفاده کرد، اما به هیچ وجه نباید جایگزین استریلیزاسیون شود. زیرا حتی نوع قوی آن مانند گلو تاردئید ۲ تا ۳/۴ درصد اگر وسیله کمتر از ۱۰ ساعت در آن غوطه خور باشد، فقط یک ضد عفونی کننده تلقی میشود. در ضمن با توجه به سمی بودن این مواد، وسایل باید قبل از مصرف شسته شوند.

سطح ضد عفونی	باکتری وژتاتیو (در حال تکثیر)	باسیل سل	باکتری اسپوردار	ویروس چربیدار	ویروس چربی
پایین	+	-	-	+	-
متوسط	+	+	-	+	+
بالا	+	+	+	+	+

جدول ۱-۹. سطوح ضد عفونی بر اساس نوع میکروارگانیسم

روش های استریلیزاسیون

استریلیزاسیون عمدتاً شامل روشهای فیزیکی و شیمیایی است. در صنعت برای استریل کردن انبوه وسایلی مانند دستکش و تیغ بیستوری معمولاً از اشعه های یونیزان (مانند گاما) استفاده می شود.

بزرگترین مزیت اشعه یونیزان نفوذپذیری زیاد و فقدان اثر باقیمانده است. دستگاههای استریلیزاتور

برای مطب دندانپزشکی عمدتاً بر مبنای استفاده از روشهای فیزیکی و در برخی موارد، ترکیبی از روش-

های فیزیکی و شیمیایی (Chemiclave) طراحی شده اند. سه نوع دستگاه استریلیزاتور برای مطب

دندانپزشکی توسط FDA تأیید شده است که عبارتند از:

۱. حرارت خشک (dry heat = oven) (شکل ۲-۹)

۲. حرارت مرطوب (steam autoclave) (شکل ۳-۹)

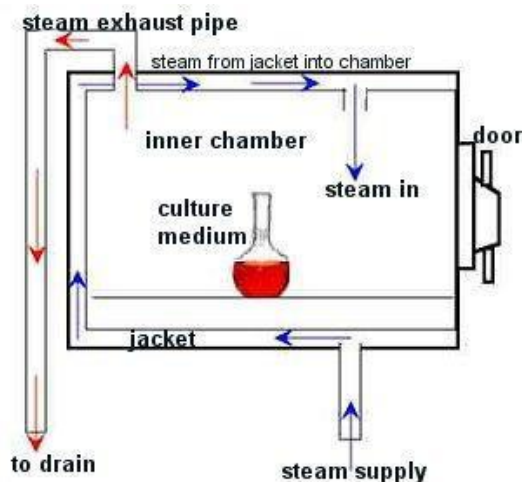
۳. بخار شیمیایی غیر اشباع (chemiclave) (شکل ۴-۹)

با اینکه بیشتر وسایل دندانپزشکی و جراحی در برابر حرارت، مقاوم هستند. اما در سالهای اخیر، تعداد وسایل حساس به حرارت مانند وسایل پلاستیکی افزایش یافته است. به همین دلیل، سایر روشهای استریلیزاسیون بر مبنای حرارت پایین مانند اتیلن اکساید، گاز پلاسما و هیدروژن پراکسید، اوزون، peracetic acid immersion مورد توجه قرار گرفته اند. به هر حال، استفاده از حرارت خشک و مرطوب هنوز مقام نخست را در استریلیزاسیون دارد. ویژگیهای سه روش در جدول ۲-۹ خلاصه شده است.



شکل ۲-۹. فور یا آون یا حرارت خشک یا oven (نوع رومیزی یا قابل حمل). اندازه دستگاه بر مبنای لیتر، حجم مفید داخلی آن است.





شکل ۳-۹. اتوکلاو یا حرارت مرطوب (نوع رومیزی یا قابل حمل) اندازه دستگاه بر مبنای لیتر، حجم مفید داخلی آن است.

جدول ۲-۹. مقایسه سه روش استریلیزاسیون در مطب دندانپزشکی

تست بیولوژیک	احتیاطات	مزایا	شرایط استاندارد	روش استریلیزاسیون
ژئوباسیلوس استئاروترموفیلوس	ظروف نباید کاملا بسته باشد احتمال صدمه به مواد پلاستیکی و لاستیکی امکان زنگ زدگی فلزات غیر فولادی ایجاد رسوب در اثر استفاده از آب سخت (فط عدم خشکی وسایل پس از اتمام سیکل امکان آلودگی سریع وسایل بسته بندی نشده	زمان مناسب نفوذ خوب قابلیت استریلیزاسیون مایعات	۲۰ تا ۳۰ دقیقه ۱۲۱ تا ۱۳۴ درجه سانتیگراد فشار = ۱۵ PSI	اتوکلاو (حرارت مرطوب) روش متداول
	امکان آلودگی سریع وسایل بسته بندی نشده		۳ تا ۱۰ دقیقه ۱۳۲ تا ۱۳۴ درجه سانتیگراد فشار = ۳۰ PSI	اتوکلاو (حرارت مرطوب) روش سریع یا flash
ژئوباسیلوس استئاروترموفیلوس	ظروف نباید کاملا بسته باشد احتمال صدمه به مواد پلاستیکی و لاستیکی عدم استریلیزاسیون مایعات (مانند فرمالدئید) استفاده از مایعات خاص امکان جذب مواد شیمیایی توسط مواد بسته	زمان مناسب زنگ نزدن وسایل خشک	۳ تا ۱۰ دقیقه ۱۳۲ تا ۱۳۴ درجه سانتیگراد فشار = ۲۵ PSI	اتوکلاو همراه بخار شیمیایی (chemiclave)

تهیه شده توسط گروه آموزشی شرکت آرکا بهپویان

	بندی شده امکان آلودگی سریع وسایل بسته بندی نشده	شدن سریع پس از اتمام سیکل استریزاسیون		
باسیلوس آتروفائوس	احتمل زمان استریزاسیون طولانی تر صدمه به مواد پلاستیکی و لاستیکی عدم نیاز به خشک بودن ”در“ دستگاه امکان جذب مواد شیمیایی امکان و آلودگی پارچه بسته بندی شده آلودگی سریع وسایل بسته بندی نشده	زنگ نزدن وسایل زمان استریزاسیون کوتاه خشک شدن پس از اتمام سیکل استریزاسیون	۶۰ تا ۱۲۰ دقیقه ۱۷۰ تا ۱۸۰ درجه ساتیگراد	حرارت خشک نوع ساکن (static-air)
باسیلوس آتروفائوس	احتمل صدمه به مواد پلاستیکی و لاستیکی عدم استریزاسیون مایعات نیاز به خشک بودن وسایل قبل از استریزاسیون ”در“ دستگاه امکان آلودگی سریع وسایل بسته بندی نشده	زنگ نزدن وسایل زمان استریزاسیون کوتاه خشک شدن پس از اتمام سیکل استریزاسیون	۳ تا ۱۰ دقیقه ۱۳۴ تا ۱۹۰ درجه ساتیگراد	حرارت خشک با هوای متحرک (forced air)



شکل ۴-۹. بخار شیمیایی غیر اشباع (نوع رومیزی یا قابل حمل) اندازه دستگاه بر مبنای لیتر، حجم مفید داخلی آن است.

حرارت خشک (dry heat = oven)

از حرارت خشک برای استریل کردن وسایل مقاوم به حرارت استفاده میشود. در این روش، هوا ناقل حرارت است و با توجه به اینکه هوا ناقل خوبی نیست، در مقایسه با روش حرارت مرطوب نیاز به حرارت بیشتری دارد. مهمترین مزیت این روش، عدم ایجاد خوردگی و از بین رفتن تیزی وسایل بُرنده فولادی است. در ضمن نسبتاً ارزان است. زمانبر بودن فرایند از معایب آن است. استریلیزاسیون با حرارت خشک به ترکیب دو عامل دما و زمان بستگی کامل دارد. برای استریل شدن کامل، هر دو عامل دما و زمان باید به طور صحیح تنظیم شوند. به طور کلی برای دمای 160°C به زمانی حدود 120 دقیقه و برای دمای 170°C به زمانی حدود 60 دقیقه نیاز است.

دو نوع اصلی دستگاه استریلیزاتور که بر مبنای حرارت خشک ساخته شده است، در اینجا معرفی میشود:

۱. نوع ساکن (Static Air)

فور یا آون هم نامیده میشود. در این دستگاه، حرارت خشک با استفاده از هوای ساکن (static air) به کار میرود. حرارت توسط المنت حرارتزا از کف یا طرفین ایجاد میشود و تغییر دمای هوای داخل فور با انتقال طبیعی حرارت صورت میگیرد. مقدار حرارت و زمان لازم برای استریلیزاسیون توسط حرارت خشک در جدول ۳-۹ خلاصه شده است. ذکر این نکته ضروری است که 15 تا 30 دقیقه اول، زمان گرم شدن (warm up time) است. این دستگاه زمان بیشتری برای استریلیزاسیون لازم دارد، ولی با توجه به سادگی آن ارزاتر از نوع بعدی است.

جدول ۳-۹. بررسی حرارت و زمان بررسی استریلیزاسیون حرارت خشک با هوای ساکن و حرارت مرطوب یا اتوکلاو. دو حرارت معمول استریلیزاسیون با اتوکلاو 121 و 132 درجه سانتیگراد است.

حرارت خشک		حرارت مرطوب با فشار 15 PSI*	
زمان (ساعت)	دما (درجه سانتیگراد)	زمان (دقیقه)	دما (درجه سانتیگراد)
۱	۱۷۰	۱/۵	۱۳۸
۲	۱۶۰	۴	۱۳۲
۲/۵	۱۵۰	۱۶	۱۲۵
۳	۱۴۰	۲۴	۱۲۱
۶ تا ۱۲	۱۲۱	۳۶	۱۱۸
		۶۰	۱۱۶

* فشار داخل اتوکلاو به صورت) PSI پوند بر اینچ مربع (pound square inch نشان داده میشود .

۲. هوای متحرک (forced air)

در این دستگاه از حرارت خشک با هوای متحرک استفاده میشود. برخلاف روش قبل، هوا در جریان است و سبب انتقال انرژی حرارتی به وسایل با سرعت بیشتر و کاهش زمان استریلیزاسیون میشود. در حرارت °C ۱۹۰ درجه بین ۱۲ دقیقه (برای وسایل بسته بندی شده) و ۶ دقیقه (برای وسایل بدون بسته بندی). لازم به ذکر است که زمان گرم شدن (warm up time) ۱۵ تا ۳۰ دقیقه است، مگر آنکه دستگاه گرم باشد. توجه داشته باشیم که برای استریلیزاسیون هندپیس باید از اتوکلاو استفاده شود. زیرا هندپیس در دمای °C ۱۶۰ درجه سانتیگراد صدمه میبیند.

حرارت مرطوب

قرار دادن وسایل در آب جوش طی ۱۰ تا ۱۵ دقیقه باعث از بین رفتن بسیاری از میکروارگانیسم ها می شود. ولی ممکن است برای کشتن اسپورها زمانی حدود ۲۴ ساعت لازم باشد. حتی پس از این مدت نیز بسیاری از ویروسها و پریونها زنده می مانند. به همین دلیل، آب در حال جوش که در واقع یک نوع حرارت مرطوب است، برای استریلیزاسیون وسایلی که به عمق نسج وارد میشوند، مناسب نیست. از میان روشهای استریلیزاسیون، استفاده از بخار تحت فشار مناسبترین روش برای استریلیزاسیون بیشتر وسایل دندانپزشکی و جراحی است. دو اصل فیزیکی مهم در مؤثرتر بودن حرارت مرطوب به این شرح است:

- آب بهتر از هوا حرارت را انتقال میدهد. به طور مثال، برای از بین بردن باسیل سو بئیس، در دمای مشابه (120°C) روش حرارت خشک در مقایسه با روش حرارت مرطوب به زمان بیشتری (۲۰۰۰ بار) نیاز دارد.

- برای تبدیل آب جوش به بخار ۷ برابر بیشتر انرژی لازم است (در مقایسه با انرژی لازم برای اینکه آب از دمای اتاق به درجه جوش برسد) بنابراین، وقتی این انرژی زیاد در تماس با وسایل قرار گیرد، آزاد شده و سبب دناتوره شدن سریع پروتئینهای سلولی میشود.

اساس کار این روش، قرار دادن وسایل در بخار آب با دما و فشار بالا و به میزان معین است. فشار، دما و زمان سه عامل مهم برای اتوکلاو کردن هستند.

فشار: میزان فشاری که طی اتوکلاو کردن به کار میرود، تحت واحدهای PSI (پوند بر اینچ مربع)

یا kpa بیان میشود. اکثر اتوکلاوها در فشار ۱۵ PSI (103kpa) تا ۳۰ PSI (206kpa) به طور مؤثر عمل می کنند.

دما: برای رسیدن به فشار مناسب، دما باید به 121°C یا 132°C برسد.

زمان: ۳۰ دقیقه. قبل از شروع کار مؤثر اتوکلاو، هوا باید تخلیه شود تا همه وسایل داخل اتوکلاو در معرض بخار با حرارت بالا قرار بگیرند. برای اطمینان از نبود شدن میکروارگانیسم ها دما و فشارهای مختلفی پیشنهاد میشود در فشار معادل ۳۰ PSI (۲۰۶ kpa) ۴ دقیقه زمان لازم است. به این حالت Flash Sterilization میگویند. البته باید توجه داشت عبارت اتوکلاو ۳ یا ۴ دقیقه ای گمراه کننده است چون این بیانگر تنها زمان فعال است در حالیکه باید زمان گرم شدن اولیه و خشک شدن آخر را به این زمان اضافه نمود و اصولاً برای دندانپزشکی توصیه نمی گردد بویژه آنکه می تواند سبب خراب شدن هندپیس یا توربین گردد.

اتوکلاو مطب دندانپزشکی معمولاً کوچک و فضای داخلی آن حدود ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر است (واحد اندازه اتوکلاو لیتر و بیانگر حجم محفظه اصلی قرار دادن وسایل است). درجه حرارت و فشار داخل اتوکلاو در جدول ۳-۹ خلاصه و با حرارت خشک مقایسه شده است. در اتوکلاو کامل رومیزی (table-top) مطب دندانپزشکی پس از روشن شدن، مراحل زیر انجام میشود:

۱. heat up cycle. زمان رسیدن دستگاه اتوکلاو به دمای مناسب و فشار درونی که حدود ۲۰ تا ۳۰ دقیقه طول میکشد.

۲. sterilizing cycle. معمولاً حدود ۲۰ تا ۳۰ دقیقه برای دمای 121°C و ۴ دقیقه برای حرارت 132°C است. برای حذف پریونها دمای حدود ۱۲۲ تا ۱۳۲ درجه سانتیگراد و مدت زمان ۶۰ دقیقه پیشنهاد میشود.

۳. drying cycle. خشک شدن کامل یا سیکل واکيوم یا مکش بخار آب موجود در محفظه اتوکلاو است که حدود ۱۰ دقیقه طول میکشد.

این روش در مقایسه با حرارت خشک معایبی دارد، مانند: زمان طولانی کارکرد (حدود ۶۰ دقیقه)، احتمال زنگزدگی و پوسیدگی وسایل فولادی، صدمه به لبه های تیز وسایل، استفاده از نیتريت سدیم برای جلوگیری از زنگزدگی و قیمت بیشتر (جدول ۴-۹).

یکی از نقاط ضعف در روش اتوکلاو، به دام افتادن هوا در قسمتی از محفظه است که در این صورت عمل استریلیزاسیون دچار اختلال می شود. برای رفع این نقص، اتوکلاوهای جدید به نحوی عمل میکنند که هوای داخل محفظه، خارج و فقط بخار تحت فشار جایگزین شود. مکانیسمهایی برای این منظور وجود دارد که عبارتند از:

۱. تخلیه تحت جاذبه (gravity displacement). در این حالت، بخار ایجاد شده موجب رانده شدن هوای درون محفظه به بیرون میشود.

۲. اتوکلاو تحت خلأ (vacuum pump type B). در این حالت، قبل از ایجاد بخار، هوای درون اتوکلاو تخلیه و خلأ ایجاد میشود. در واقع این همان اتوکلاو کلاس B و مناسب برای استفاده در مطب دندانپزشکی است. اتوکلاو کلاس B دارای پمپ وکیوم قدرتمند می باشد که می تواند تا حدود منفی ۹/۵ بار خلأ ایجاد کند.

۳. positive steam flush / pressure. در این حالت، تکرار مراحل جریان بخار و فشار به صورت نبضی سبب خارج شدن هوا از محفظه میشود.

جدول ۴-۹. مقایسه حرارت خشک و مرطوب.

حرارت خشک	حرارت مرطوب
مکانیسم مرگ میکروبی	اکسیداسیون پروتئین های سلولی
زمان لازم برای استریلیزاسیون	دنا توره و کواگه کردن پروتئین های سلولی
طولانی	کوتاه
پایین	بالا
تمایل برای زنگ زدن وسایل	

پایین	بالا	پیچیدگی دستگاه و قیمت
مناسب	مناسب	اندازه مناسب برای مطب

در استفاده از اتوکلاو باید به این نکات توجه داشته باشیم:

۱. وسایل به خوبی تمیز شده باشند.
۲. سپس کاملاً خشک شوند.
۳. وسایل چه به صورت بسته بندی و چه بدون بسته بندی به نحوی در اتوکلاو قرار داده شوند که اجازه حرکت و چرخش آزادانه به بخار آب داده شود. به عبارت دیگر، باید از **over load** کردن محافظه اتوکلاو خودداری کرد.
۴. هندپیس و توربین، گاز، وسایل پارچه‌ای و اکثر اقلام دندانپزشکی و جراحی به وسیله اتوکلاو قابل استریل کردن هستند.
۵. توجه شود **flash sterilization** برای موارد اضطراری است و به صورت روتین نباید استفاده شود. هندپیس و توربین در دمای 134°C و فشار 30 PSI در معرض خراب شدن قرار میگیرند.
۶. توصیه می شود، برای مطب دندانپزشکی اتوکلاوی خریداری شود که حرارت پایین (۱۱۵ تا ۱۱۸ درجه سانتیگراد) داشته باشد. به این حرارت به اصطلاح حرارت دستکش می گویند. ضرورتی به خرید اتوکلاو دارای حرارت بالا (۱۳۴ درجه سانتیگراد) یا **flash** نمی باشد.
۷. حداقل ۲ عدد اتوکلاو با ۲ اندازه مختلف در دسترس باشد.

بخار شیمیایی غیر اشباع (unsaturated chemical vapor)

بخار شیمیایی غیر اشباع که chemiclave نامیده میشود. در واقع مشابه اتوکلاو است، ولی به جای آب مقطر، از محلول حاوی مواد شیمیایی استفاده میشود که شامل فرمالدئید ۰/۲۳ درصد (ماده اصلی و فعال)، اتانول، استون و کتون ۷۲/۳۸ درصد، به اضافه آب و سایر الکلها است. چون بزرگترین امتیاز این روش بر اتوکلاو همین حذف اثر خوردگی وسایل است، آب موجود در محلول، کمتر از مقداری است که موجب زنگزدگی یا پوسیدگی وسایل شود. مرحله یا سیکل خشک کردن که آخرین مرحله در اتوکلاو بود، در این روش وجود ندارد. عدم تماس محلول شیمیایی مورد مصرف در Chemiclave با پوست و چشم الزامی است. به همین دلیل، تهویه محلی که از Chemiclave استفاده میشود، باید بسیار خوب باشد. تنفس بخار شیمیایی که در هوای اتاق پراکنده میشود، مضر است. مراحل انجام استریلیزاسیون با استفاده از Chemiclave شامل ۴ مرحله یا سیکل است:

۱. heat-up / vaporization cycle

۲. steritization cycle (۲۰ دقیقه)

۳. depressurization cycle

۴. optional purge cycle

در این دستگاه معمولاً برای اینکه محلول شیمیایی بخار شود، دمای 132°C و فشار ۲۵PSI (172KPa) استفاده میشود. ابتدا که این دستگاه ساخته شد، بسیار مورد استقبال قرار گرفت، ولی به علت اثرات سوء مواد شیمیایی نتوانست جایگزین اتوکلاو معمولی شود. استریل کردن کاغذ، پارچه و حوله نباید با Chemiclave انجام شود، زیرا مواد شیمیایی جذب آنها میشوند.

گاز اتیلن اکساید ETO یا EO

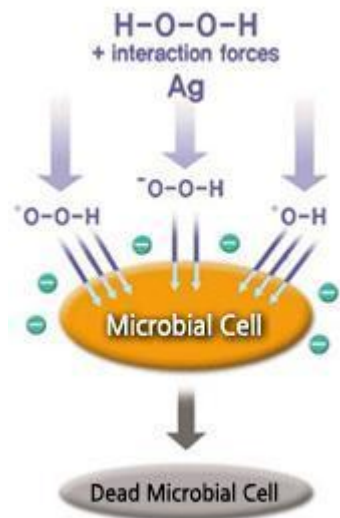
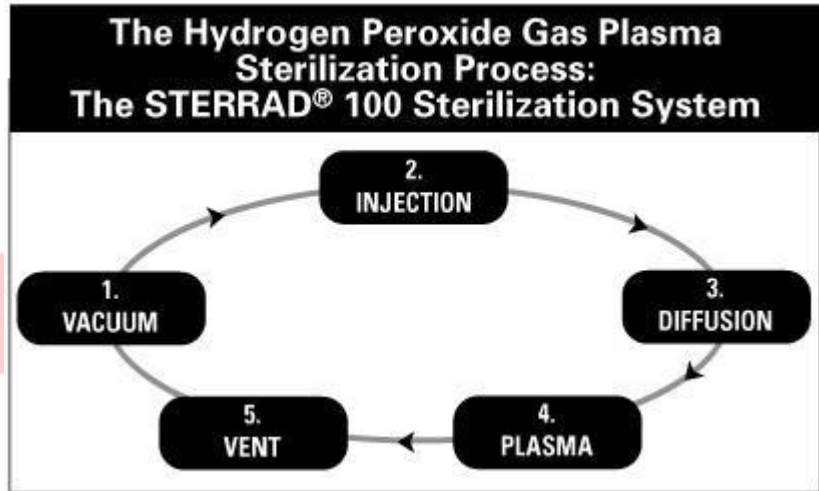
گاز اتیلن اکساید ترکیبی ارگانیک با فرمول C_2H_4O می باشد که قابلیت استفاده در مطب دندانپزشکی را ندارد و برای استریل کردن وسایل پزشکی در مقیاس وسیع استفاده می شود. مقبولیت این ترکیب به دلایلی چون اثرات نامناسب زیست محیطی، مونائژنیک، کارسینوژنیک، و قابلیت انفجار و اشتعال بودن، در بیمارستانها نیز رو به کاهش است. با توجه به اینکه برای استریلیزاسیون وسایل و مواد حساس به دمای $60^{\circ}C$ ، حساس به رادیاسیون مانند پلاستیک، وسایل اپتیک و الکتریکی و مواد یکبار مصرف مانند سرنگ کاربرد دارد، در اینجا به طور مختصر توضیح داده میشود.

گاز اتیلن اکساید، در دمای بالای ۸ تا ۱۰ درجه سانتیگراد و با پدیده الکیلاسیون سبب مرگ میکروارگانیسمها میشود. این گاز قابلیت اشتعال دارد که در صورت ترکیب با دی اکسیدکربن یا فرکون کاهش میباید. این گاز بسیار سمی است و در تماس با نسوج زنده سبب ایجاد تاول میشود و بهمین دلیل پس از خاتمه استریلیزاسیون لازم است هوادهی یا aeration انجام گردد. استریلیزاسیون با این روش، طولانی است (۱۰ تا ۴۸ ساعت و بیشتر). توضیح اینکه زمان اصلی استریلیزاسیون ۱ تا ۸ ساعت و متوسط ۴ ساعت است اما مدت زمان طولانی پس از خاتمه استریلیزاسیون باید هوادهی یا aeration گردد که اگر این زمان را هم اضافه کنیم برای حرارت 50° تا 57° درجه سانتیگراد حدود ۱۲ ساعت و برای حرارت اتاق می تواند حتی یک هفته زمان لازم داشته باشد) و همانطور که بیان شد، مناسب مطب دندانپزشکی نیست. به علت کم بودن قدرت نفوذ گاز (فقط در سطح عمل می کند و قدرت نفوذ ندارد) از راه سوراخ های کوچک در سر هندپیس امکان استریل کردن هندپیس با این روش وجود ندارد.

گاز پلاسمای هیدروژن پراکساید

(Vaporized Hydrogen Peroxide Gas Plasma)

پلاسمای چهارمین حالت ماده متمایز از جامد، مایع، گاز می باشد که در فضای بسته تحت خلاء عمیق توسط امواج رادیوفرکانسی یا انرژی میکروویو ایجاد می شود. رادیکال آزاد در یک میدان پلاسمای قادر به واکنش با اجزای سلولی مانند آنزیم ها و اسید های نوکلئیک است که منجر به در هم ریختن متابولیسم میکرواگانیزم ها و مرگ آن ها می شود. در این روش که نوعی استریلیزاسیون به روش شیمیایی است، محلول هیدروژن پراکساید در یک فضای تخلیه شده به صورت ابر پلاسمایی درمی آید و با مکانیسم اکسیداسیون میکروبیها را از بین می برد (شکل ۵-۹). بزرگترین مزیت آن دوره یا سیکل کوتاه استریلیزاسیون (متوسط ۷۵ دقیقه) در مقایسه با روش اتیلن اکساید (۱۰ تا ۴۸ ساعت و بیشتر) است. در این روش، دما بین ۴۰ تا ۵۰ درجه سانتیگراد است که به ویژه برای وسایل حساس به حرارت و رطوبت، مناسب است. با توجه به اینکه هیدروژن پراکساید یک اکسیدان قوی است، لازم است ماده مورد نظر برای استریل کردن با آن سازگاری داشته باشد. به عنوان نمونه، محصولات کاغذی را به دلیل جذب کردن آن نمیتوان با این روش استریل کرد. با وجود محاسن بسیار در غلظتهای بالا صدمات پوستی، چشمی و تنفسی در صورت تماس با آن محتمل است. متأسفانه به دلیل گران بودن هنوز در مطبهای دندانپزشکی متداول نشده است. از این روش در بیمارستان برای استریلیزاسیون مواد حساس به حرارت مانند پلاستیک ها و وسایل الکتریکی مانند آرتروسکوپ ها، لاپاراسکوپ ها، آندوسکوپ ها و فیبر های نوری استفاده می شود. از محاسن دیگر گاز پلاسمای هیدروژن پراکساید در مقایسه با اتیلن اکساید علاوه بر زمان کمتر استریلیزاسیون که قبلاً بیان گردید، هوادهی یا aeration هم نیاز نمی باشد چه باقیمانده شیمیایی ندارد و اثرات زیست محیطی آن اندک است. از معایب آن عدم توانایی استریل نمودن مایعات و پودر ها یا مواد با جذب بالا مانند سلولز (محصولات کاغذی) است.



شکل ۵-۹. گاز پلاسمای هیدروژن پراکساید: از راست به چپ: دستگاه، مراحل، و مکانیسم عمل.

استریلیزاسیون به روش فیلتراسیون (Sterile Filtration)

مایعاتی که در نتیجه حرارت، رادیاسیون و استریلیزاسیون شیمیایی دچار صدمه میشوند، میتوانند توسط غشاهای فیلترکننده (micro filtration) استریل شوند. اندازه فیلترها $0.2/0\ \mu\text{m}$ (میکرومتر یا میکرون) است که برای برداشتن میکروارگانیسمها کفایت میکند. امروزه، نانوفیلترها در اندازه‌های ۲۰ تا ۵۰ نانومتر (نانومتر یا میلی میکرون) وجود دارند.

اشعه (Irradiation)

استفاده از اشعه یک نوع روش استریلیزاسیون سرد است. از اشعه‌های یونیزان مانند اشعه ایکس، گاما و الکترون با سرعت بالا که قابلیت نفوذ بالایی دارند، برای استریلیزاسیون وسایلی مانند سرنگ، سوزن بخیه، کانولا، دستکش، تیغ بیستوری، مواد دارویی و غذایی حساس به حرارت در سطح صنعتی استفاده میشود. این روش در مطب کاربرد ندارد. از اشعه غیر یونیزان مانند ماورای بنفش (شکل ۶-۹) برای ضدعفونی کردن فضای اتاق کار در مطب، ضدعفونی هوای اتاق عمل، پاکسازی آب و ساخت واکسن استفاده میشود. یکی از محاسن آن، نفوذپذیری زیاد و عدم ماندگاری اثر پس از خاتمه استریلیزاسیون است (مواد رادیواکتیو نمیشوند). اگر به مدت طولانی در معرض آن قرار بگیریم، عوارضی مانند سوختگی پوست و کوتژکتیویت پدید می‌آید. در صورت استفاده در مطب برای ضدعفونی کردن محیط و هوا لازم است هنگام ترک مطب روشن شود. اشعه ماورای بنفش بر میکروارگانیسمهای وژتاتیو (در حال تکثیر) مانند باکتریها، ویروسهای لیپوپروتئین و قارچها میتواند مؤثر باشد، اما بر اسپورها اثری ندارد و ویروس هپاتیت B هم میتواند زنده بماند. اشعه‌های یونیزان و غیر یونیزان عمدتاً با تاثیر بر DNA میکروبها موجب از بین رفتن آنها میشوند.

ارزیابی کیفی استریل کننده ها

هدف این ارزیابی، بررسی این نکته است که آیا دستگاه موجب از بین رفتن تمام شکل‌های زنده

میکروبی (شامل اندوسپور) شده است یا خیر؟ به عبارت دیگر آنچه در ابتدای این فصل در مورد تعریف

استریلیزاسیون بیان شد، محقق شده است یا نه. در مجموع، سه روش برای ارزیابی عملکرد دستگاهها

وجود دارد که عبارتند از:

۱. روش فیزیکی (مکانیکی): ارزیابی زمان سیکل، دما، فشار و سایر شاخصهای استریلیزاسیون توسط

نشانگرهای مکانیکی و درجه های دستگاه است که البته تضمینی برای صحت استریلیزاسیون نیست، ولی

برای اطلاع از خرابی دستگاه درخور توجه است.

۲. روش شیمیایی: این روش شامل استفاده از مواد شیمیایی حساس به ارزیابی شرایط فیزیکی از قبیل

دما و... در فرایند استریلیزاسیون است. نشانگرهای شیمیایی، نوارهای حساس به گرما هستند و زمانی

که شرایط مورد نظر حاصل شده باشد، به سرعت تغییر رنگ میدهند. این نشانگرها باید داخل بسته

بندی قرار داده شوند تا از نفوذ ماده استریل کننده به داخل بسته اطمینان حاصل شود.

به طور کلی، نشانگرها به دو دسته داخلی و خارجی تقسیم میشوند. نشانگرهای خارجی (external

indicators) مانند چسب اتوکلاو (شکل ۷-۹) روی بسته ها چسبانده میشوند و فقط بیانگر این هستند که

دستگاه به دمای مناسب رسیده، ولی نشان نمیدهند که عملکرد دستگاه تا آخر خوب بوده است. از

نشانگرهای خارجی زمانی استفاده میشود که نشانگرهای داخلی قابل مشاهده نباشند. نشانگرهای داخلی

(integrated indicators) داخل خود پک وجود دارند. این نشانگرها با تغییر دما و فشار به آهستگی تغییر

رنگ میدهند. تست شیمیایی که برای ارزیابی اتوکلاو و حرارت خشک و اتیلن اکساید (EO) استفاده می-

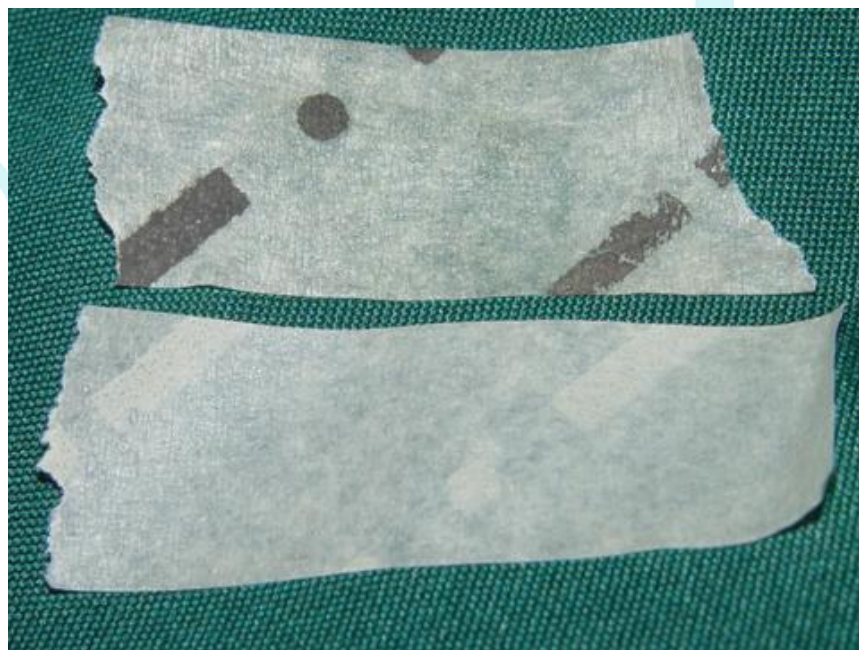
شود، متفاوت است. اگرچه تنها روش مطمئن ارزیابی کیفیت دستگاه های استریلیزاتور روش بیوژنیک

است و به تغییر رنگ تست های شیمیایی نمیتوان اطمینان نمود، اما یکی از محاسن استفاده از نشانگر

های شیمیایی تشخیص وسایل و بسته هایی است که در معرض استریلیزاسیون قرار گرفته می باشد که بویژه در ماکزی که با بسته های متعدد سر و کار دارند مناسب است. تاریخ استریلیزاسیون معمولا روی نشانگر شیمیایی نوشته می شود.



شکل ۶-۹. لامپ تولید کننده اشعه ماورای بنفش



شکل ۷-۹. چسب اتوکلاو (نشانگر خارجی)

۳. روش تست بیولوژیکی : این نشانگرهای بیولوژیک مطمئن ترین نشانگرهای کنترل استریلیزاسیون هستند (شکل ۹-۹) و برای استریلیزاتورهای کوچک مطب دندانپزشکی به طور هفتگی توصیه میشوند. در این روش از مقاومترین میکروارگانیسمهایی که پاتوژن هم نیستند، استفاده میشود (مثل اسپور). از آنجا که این اسپورها مورد استفاده مقاومترین نوع اسپورها هستند، با از بین رفتن آنها میتوان اطمینان حاصل کرد که پاتوژنهای بالقوه دیگر نیز همگی از بین رفته اند. برای تست بیولوژیک اتوکلاو از گونه‌های

ژئوباسیلوس استئاروترموفیلوس (*Geobacillus Stearothermophilus*) با نام قدیمی *Bacillus*

Stearothermophilus و برای حرارت خشک و ایتلن اکساید از اسپور باسیلوس آتروفئوس (*Bacillus*

atrophaeus) با نام قدیمی *bacillus subtilis* استفاده میشود. در مورد اتوکلاوهای بزرگ بیمارستانی که در

اتاق مرکزی استریلیزاسیون CSR (شکل ۱۰-۹) قرار دارند، باید در هر سیکلی که از دستگاه استفاده

میشود، تست بیولوژیک انجام شود. در صورت بسته بندی وسایل، لازم است نشانگر بیولوژیک در مرکز

بسته بندی قرار بگیرد. هدف، مناطقی از بسته بندی است که احتمال عدم کفایت استریلیزاسیون، بیشتر

است.



شکل ۹-۹: نشانگرهای بیولوژیکی مطمئن ترین روش ارزیابی کیفی استریلیزاتور ها می باشد.



شکل ۹-۱۰: اتاق استریلیزاسیون مرکزی در بیمارستان و دانشکدهها و مراکزی که نیازمند استریل بسته های متعدد میباشند.

مکانیسم مرگ میکروبی

روشهای فیزیکی و شیمیایی که برای کشتن میکروارگانیسم ها به کار میروند، هر کدام با پدیدههای خاص موجب از بین رفتن میکروارگانیسم ها می شود که به صورت خلاصه عبارتاند از:

۱. حرارت خشک با اکسیداسیون
۲. حرارت مرطوب با دناتورده کردن و کوآگوله کردن
۳. گاز اتیلن اکساید با اثر بر آنزیمهای میکروبی (الکیلاسیون)
۴. گاز فرمالدئید با کوآگوله کردن پروتئینها
۵. اشعههای یونیزان (مانند گاما و اشعه X) با اثر بر DNA
۶. اشعه غیر یونیزان (مانند UV) با اثر بر DNA
۷. microwave با ایجاد هیپرترمی
۸. ترکیبات کلرین با اکسیداسیون آنزیمها
۹. گاز پلاسمای هیدروژن پراکساید و اوزون با اکسیداسیون

تقسیم بندی اسپالدینگ

این تقسیم بندی در سال ۱۹۶۸ توسط اسپالدینگ (*spaulding*) ارائه شد، ولی در سال ۲۰۰۳ طبق توصیه CDC تغییراتی کرد (جدول ۵-۹). در این تقسیم بندی، وسایل به سه گروه بحرانی، نیمه بحرانی و غیر بحرانی تقسیم می شوند. هر چند هندپیس در این تقسیم بندی جزء وسایل نیمه بحرانی محسوب می - شود، ولی باید در فواصل زمانی بین دو بیمار توسط اتوکلاو استریل شود. ضدعفونی کردن حتی با ضدعفونی کننده های قوی نیز مجاز نیست.

جدول ۵-۹. اساس تقسیم بندی اسپالدینگ

نوع	تعریف	نمونه
بحرانی	این وسایل برای نفوذ به بافت نرم و استخوان به کار می روند و با خون و دیگر مایعات بیولوژیک بدن در تماس هستند.	وسایل جراحی، اسکیلر، ایمپلنت، بیستوری، انواع فرز
نیمه-بحرانی	و این وسایل برای نفوذ به بافت نرم و استخوان به کار نمیروند، و با خون و دیگر مایعات بیولوژیک بدن در تماس نیستند. فقط در تماس با مخاط دهان هستند.	آینه دندانپزشکی، کندانسور آمالگام، تری قالبگیری چند بار مصرف، هندپیس *
غیربحرانی	فقط با پوست سالم در تماس هستند.	دستگاه فشار خون، پالس اکسیمتر و استتوسکپ
* هندپیس اگرچه در دسته نیمه بحرانی قرار می گیرد، حتما مشابه نوع بحرانی باید استریل شود. چون فرز روی آن وارد نسوج عمقی میشود.		





شکل ۱۱-۹. انواع بسته بندی وسایل قبل از قرار دادن در اتوکلاو. معمولاً تاریخ استریلیزاسون روی نشانگر نوشته می شود.

همانطور که مشاهده میشود، وسایل به دو صورت توسط اتوکلاو استریل می شوند (شکل ۱۱-۹). نوع کاغذی-پلاستیکی یا رول استریل یا کاغذ مدیکال دارای لایه پلی استر / پلی پروپیلن (ورقه شفاف / ورقه با ته رنگ آبی) است. در بیمارستان این بسته بندی کاغذی-پلاستیکی معمولاً در دو لایه انجام می شود تا بتوان بسته درونی را بصورت استریل در سینی وسایل جراحی قرار گیرد. در مورد بسته بندی برای اتوکلاو، ماده مصرفی باید به حرارت و رطوبت (بخار) قابل نفوذ باشد. مواد مصرفی برای این منظور معمولاً از جنس کاغذ، پارچه، کاغذ کرپ، و glassin می باشد.

به هر حال همه بسته بندی ها باید قابل نفوذ نسبت به حرارت و بخار اتوکلاو باشد. وسایل دارای دسته یا دستگیره باید باز شده و از ناحیه لولا بسته بندی شوند. بسته بندی بیشتر در مراکزی که مراجعه زیاد است، استفاده میشود. زمان اطمینان به استریل ماندن وسایل بسته بندی شده از ۳۰ تا ۶۰ روز متغیر

است. این مدت بسیار متفاوت و بستگی به نوع بسته بندی و چگونگی نگهداری دارد. به نظر زمان حداکثر یک ماه معقول می باشد.

Bioburden

Bioburden به معنای تعداد میکروارگانیسم های زنده باقی مانده روی سطح پس از استریلیزاسیون است. وجود بزاق، خون، مایعات نسجی، مواد دندانی، و در مجموع، باقی ماندن پروتئین یا سایر پلی ملکولها روی وسایل (به ویژه وقتی که این مواد خشک شده باشند) با ایجاد پوشش حفاظتی از نفوذ عوامل استریل کننده به میکروارگانیسم ها جلوگیری میکند. این پدیده یعنی باقی و محفوظ ماندن میکروارگانیسمها از عوامل استریل کننده توسط این ترکیبات ارگانیک یا **Debris Microbe - Laden** نامیده می شود که سبب بروز پدیده Bioburden یا زنده مانده میکروارگانیسم ها پس از استریلیزاسیون می شود. بنابراین، تمیز کردن کامل وسایل قبل از استریلیزاسیون الزامی است؛ وگرنه استریلیزاسیون به خوبی انجام نمیشود. اولین مرحله، پاک کردن این عوامل از وسایل استفاده شده است این عمل میتواند به صورت دستی با برس و یک ماده پاک کننده ملایم یا با کمک [دستگاه شستشو اولتراسونیک](#) انجام شود. وسایل پس از آبکشی و خشک شدن کامل در استریلیزاتور (فور یا اتوکلاو) قرار داده میشوند. در مورد دستگاه اولتراسونیک، این وسیله انرژی الکتریکی را به امواج صوتی لرزان تبدیل میکند. حبابهای میکروسکوپی فراوان روی وسایل ایجاد و سپس پاره میشوند و در واقع عمل ساکشن سبب تمیز شدن وسایل میشود. معمولاً در مطبها پاک کردن وسایل به صورت **manual** یا دستی انجام میشود و حتماً برای انجام آن باید از دستکشهای ضخیم (**heavy duty**) استفاده کرد (شکل ۱۲-۹). بهتر است از غوطه ور کردن وسایل در محلولهای سفیدکننده (**bleach**) پرهیز شود. این مواد اثر **corrosive** یا فرساینده روی وسایل دارند. یک ماده پاک کننده برای غوطه ور کردن وسایل و سپس پاک کردن آنها کفایت میکند. وسایل پس از خشک

کردن کامل، عریان و یا بسته بندی شده در استریلیزاتور قرار داده میشوند. وسایل لولا دار مانند سوزنگیر و هموستات و فورسپس به صورت لولای باز باید استریل شوند.



شکل ۱۲-۹. استفاده از دستکش ضخیم برای تمیز کردن وسایل

روشهای استریل و ضدعفونی کردن وسایل دندانپزشکی

دندانپزشک و جراح برای استریل کردن وسایل باید از حرارت مرطوب (اتوکلاو) و حرارت خشک (فور) در مطب استفاده کنند و هر دو را در دسترس داشته باشد. به طور کلی از محلولهای ضدعفونی برای وسایل استفاده نشود و فقط برای ضدعفونی سطوح و اثاثیه مصرف شود. در جدول ۶-۹ وسایل مصرفی در دندانپزشکی و روشهای استریل کردن با حرارت مرطوب، حرارت خشک و محلولهای ضدعفونی کننده

توضیح داده شده است. همانطور که در جدول دیده میشود، تأکید میشود که هندپیسها و توربینهای دندانپزشکی باید قابل اتوکلاو کردن باشند.

جدول ۶-۹. روشهای استریلیزاس یون و ضدعفونی کردن وسایل دندانپزشکی

روش شیمیایی	حرارت خشک (فور یا oven)	حرارت مرطوب (اتوکلاو)	اقلام
-	++	++	وسایل فولادی، فرزها
-	+	++	وسایل بسته بندی شده
-	++	+	سینی وسایل جراحی و ترمیمی بدون بسته بندی
-	++	مورد تردید	وسایل مستعد زنگ زدگی
-	-	++	هندپیس قابل اتوکلاو
+	-	مورد تردید	هندپیس غیر قابل اتوکلاو
-	+	+	اتصالات آنگل (دستور سازنده)
-	-	++	وسایل لاستیکی
-	+	++	نمد پالیش
+	-	-	پروتز متحرک
-	+	++	ساکشن پلاستیکی مقاوم به حرارت

سایر روشهای استریلیزاسیون

۱. Bead Sterilizer (نوع Glass and Salt)

نوعی حرارت خشک است و مرتبط با بخش اندودنتیک مطرح شده است.

۲. نیتروژن دی اکساید (NO₂)

به صورت گاز در فضای بسته و حرارت و فشار معمول اتاق روی DNA میکروارگانیسمها اثر میکند. با توجه به اینکه درجه جوش NO₂ در سطح دریا ۲۱°C است، غلظت مناسب بخار آن در حرارت اتاق ایجاد می - شود.

۳. اوزون

اکسیدانی بسیار قوی می باشد که در سطح صنعتی برای استریلیزاسیون آب، هوا و ضد عفونی سطوح به کار میرود. از طریق پدیده اکسیداسیون بیشتر مواد ارگانیک عمل میکند. از جهت دیگر توکسیک بوده و گازی ناپایدار است و بنابراین در بسیاری از موارد قابل مصرف نمی باشد. امروزه از اوزون برای ضد عفونی کردن آب یونیت نیز استفاده می شود.

۴. حمام روغن داغ

در گذشته به کار میرفته، ولی امروزه منسوخ شده است.

۵. سایر روشها که به غلط، استریلیزاسیون سرد (cold sterilization) نامیده شدهاند (مانند گلو تاردئید، کلرین و فرمالدئید) در واقع جزء خانواده ضد عفونی کننده ها هستند.

۶. میکروویو

یکی از معایب روش های موجود استریلیزاسیون (حرارت خشک و مرطوب) زمان بر بودن آنها می باشد. احتمالاً آینده استریلیزاسیون میکروویو خواهد بود که امکان استریلیزاسیون با سرعت بیشتر را میسر می کند. میکروویو، امواج با فرکانس رادیویی حدود ۲۴۵۰ مگا هرتز می باشد. میکروویو در پزشکی برای

ضد عفونی لنزهای تماسی، وسایل دندانپزشکی، دندان مصنوعی، شیر، و کاتترهای ادراری استفاده می شود.

